

## 磁気に関する学習指導改善への試み

### — 学習過程に生ずる児童のこだわりに着目して —

平 野 信\*

磁気に関する学習では、児童は教師の予期しない事象にこだわり、疑問を抱くことが多い。それを学習の過程に生かすことで児童の認識が深められるという考えに立ち、それらの事象の具体相や要因を探り、その生かし方を検討した。また、事象理解の一環として「同極同志が引き合う現象」と「砂鉄が導線に付く現象」について、そのしくみの解明を試み、後者について学習に利用できるモデルを考案した。

#### 1 はじめに

小学校における磁気に関する学習は、第1学年から始まり、第6学年で電流に関する学習と統合されるまで多学年にわたっている。そして、永久磁石や電磁石を使った活動を通して、磁石の不思議さに興味を持たせ、磁石の性質やはたらき及び物質の性質について理解させることがねらいとなっている。

この学習での児童の実態を見ると、次のようないくつかの問題が指摘できる。即ち、第1学年では、磁石に付く物・付かない物探しを夢中になって進めるが、釘やハサミが付くのは、それが鉄だからという質の違いにまで目が向けられない。また、第3学年では、針や釘で強い磁石を作るには、長い時間直接磁石に触れさせるという見方をしがちで、質の違いや磁気の誘導に目が向けられない。このことは、第6学年での、電磁石のコイルの中に入れた鉄心が磁化する現象を意味付けていく時に影響を及ぼし、電流が流れるとコイルが磁石になり、磁力が順々に鉄心に伝わってくると解釈しがちである。このような磁気に関する認識を生み出したと思われる要因とその対策は、次のように考えられる。

- ① 理科の学習では、とすると、もっと強くとか、もっと大きくとか、もっと明るくとかなど一方だけの学習を強調しがちになり、磁石に付けなくとも針が弱く磁化されることなどに意を払ってこなかったのではないか。弱い磁石作りなどを取り入れ、強い弱いという両面を重視した活動を組織すれば、児童は、その現象が起きる原因を比較を通してとらえることができるだけでなく、強いものから弱いものまで物質の磁気的性質が連続的に変わることにも目を向けることができるものと思われる。
- ② 1年・3年・6年にわたる磁気の学習内容について、その相互の関連を十分に図り、先行経験を生かした学習活動の組織が弱かったのではないか。とりわけ、児童の見方・考え方の発展を図る指導に配慮が欠けていたのではないか。例えば、単に釘やハサミが磁石に付くことに留めるのではなく、それらが鉄でできているからという見方（1年）、鉄でできている物は、磁石に近付けると、磁石と反対の極ができるから付くという見方（3年）、そして、コイルの中の鉄心が磁化されれば、そこに極

\* 理科長期研修員（中条町立科学教育センター・中条町立築地中学校）

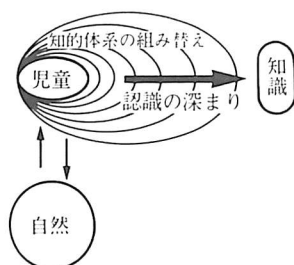


図1 知的体系の組み替えと認識

が存在し物を引き付けるという見方（6年）など、児童の認識が深まっていく過程を重視する必要があると考える。

なぜなら、児童の認識は、図1に示すように、先行経験をベースにして、眼前の事象を調べ、その意味付けを図る過程で、自己の知的体系を組み替えながら発展していくものと考えからである。経験と経験とが結合し、組み替えられる中で、児童の認識は深まり生きてはたらく知識となると考える。

- ③ 理科学習において、児童が繰り返し事象に接する中で抱く疑問や不思議さを取り上げ、指導に生かしてきただろうか。ややもすると、教師の都合のいいものだけを取り上げ指導を進めがちではなかった

か。いわば、児童と自然の事象との相互関連を強める指導に配慮を欠いていたのではないか。児童は、学習の中で教師が予想だにしない事象をとらえ、それにこだわりながら疑問や不思議さをたくさん見つけ出す。それを尊重し、学年の発達段階や指導の目標からみて解決可能なものは、できるだけ学習の場に位置付けていくことが大切であると考え。それにより、自然の事象への児童のイメージはふくらみ、新たな問題に立ち向う原動力を持つことになる。そのためにも、教師は、児童の自然の事象に対するこだわりや疑問の真意を正しく把握することが必要であり、素材について検討を加え理解を十分に深めておかなければならない。

そこで、以上述べてきた振り返りの中で、本研究では、特に上記③に着目し、教師が予期していなかったことに児童がこだわりを持ち、疑問や不思議さを見出す事象を取り上げ、次の3点から、これらの事象を学習の過程にどう生かしていくか検討を加えた。以下、これらの事象を、ここでは「児童が出合う事象」と表現することにする。

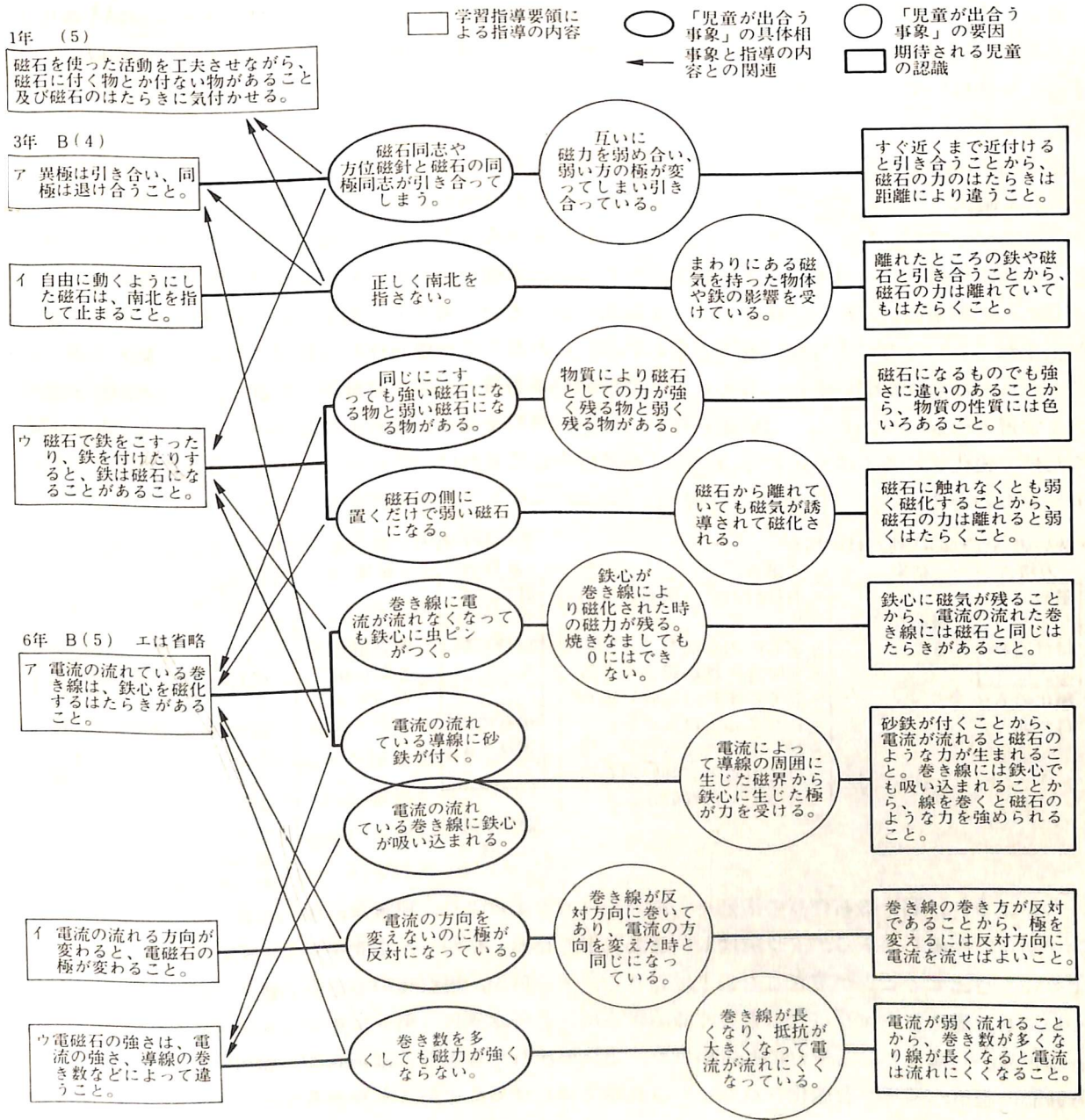
- ㊦ 磁気に関するそれぞれの学年の指導目標・内容をもとに、現在広く行なわれている指導の中で児童がこだわりを持って見つめる事象について、その具体相及び要因をとらえる。
- ㊧ ㊦を基に、「児童が出合う事象」への疑問や不思議さを学習の過程に生かす時の対応の仕方を探る。
- ㊨ 磁気に関する学習で、「児童が出合う事象」の中から、特に、「磁石の同極同志が引き合う現象」及び「砂鉄が電流の流れた導線に付く現象」を取り上げ、それが起きるしくみを明らかにする。

## 2 「児童が出合う事象」への疑問と不思議さ

### (1) 「児童が出合う事象」の具体相と要因

児童が日常生活や学習の場で出合う事象は、あるがままの自然の一面であるため、複雑な要因がからまりあって現われることがある。しかし、これらの事象を基にして児童の生活経験や学習経験が成り立っていると考えると、事象への疑問や不思議さを学習の場に取り上げ、事象にからまりあっている要因を解き明かしていくことは大変重要なことである。例えば、第3学年では、磁石の異極や同極の間にはたらく力について学習するが、ここで「児童が出合う事象」の1つに“同極同志が引き合ってしまう”自然の姿がある。この事象の要因は、後の3で述べるが、第1学年と第3学年の学習との関連、即ち、

「磁石が鉄を引き付ける。」と「磁石が鉄を磁化する。」そして「磁石の異極が引き合う。」ことで解き明かすことができる。このような「児童の出合う事象」も扱いによっては、学習内容相互の関連を図るのに役立てられると考える。次に、磁気の学習で「児童が出合う事象」の具体相の例と要因を示す。





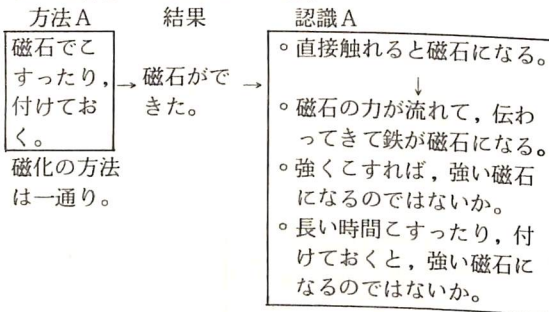
上のように、事象の多くは、他の指導の内容と関連を持っていると考えられる。したがって、児童が事象に触れそこから抱いた疑問や不思議さが、教師の予期しないものであっても努めてそれを学習の過程に生かしていく必要がある。

## (2) 児童が抱いた疑問や不思議さへの対応

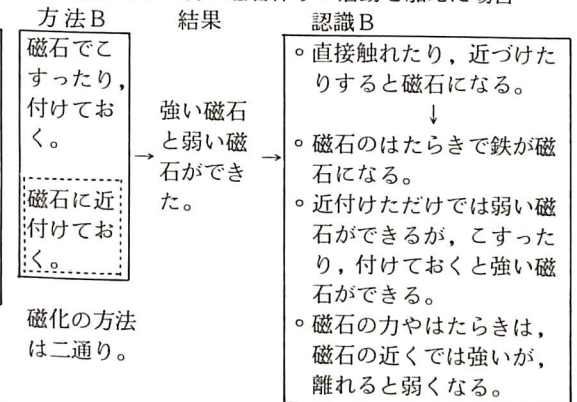
ここでは、第3学年での磁石作りの学習で、児童が出合った“磁石の近くに置かれた鉄が弱く磁化される現象”への疑問や不思議さが学習の過程に生かされた場合、第6学年での電磁石作りの学習にどのように関連付いてくるかを例として、児童が疑問や不思議に思う事象を学習の過程にどう生かしていくかを考える。

電磁石の鉄心が電流の流れた巻き線によって磁化されることについて、児童は巻き線から鉄心に電流が流れて磁化されるととらえていることが多く、磁気と電気が混然一体となった見方で説明付けようとする。この見方は、1で述べたように、第3学年の磁石作りの学習で、磁石で磁化する場合、ぬい針を長い時間直接磁石に付けておくと、磁力が流れていって強い磁石になるという考えと同様のものである。ここにあるのは、磁石と接することで磁石になるという考えで、相手の鉄に磁気が誘導されて磁力が生まれるという考え方は無いものと思われる。しかし、この磁石作りの活動の中で、“磁石の近くに置かれただけの鉄が弱い磁石になること”に疑問や不思議さを抱く児童が見られる。この疑問や不思議さを学習の過程に生かし、“弱い磁石作り（同一の材料を使い、磁石に触れずに、磁石のすぐ近くに置くだけで磁化させる方法を用いる。）”の活動の場を設定すれば、次に示したような認識の深まりが生れてくるものと考えられる。

### 。強い磁石作りの活動だけの場合



### 。強い磁石作りに弱い磁石作りの活動を加えた場合



磁化の方法は二通り。

このように、弱い磁石作りの活動をも取り上げることににより、児童は、磁石と針との空間を問題にし、第1学年での磁石によるチョウ飛ばしの活動などを見返しながら、空間を隔ててもはたらく磁石の力をより強く意識することができるものと思われる。その結果、離れている磁石と鉄との間の磁気の誘導についても認識されるようになって考える。さらに、この認識は、第6学年での電磁石作りの学習で、巻き線と鉄心が離れている場合にも生かされ、電流の流れた巻き線のはたらき、即ち、巻き線の磁力により鉄心に磁気が誘導され磁化されたという意識を持たせることができると考える。

しかし、児童が出合った事象に対して抱いた疑問や不思議さは、全て学習の過程に生かせるものでは

ない。その事象の要因を考えた時に、児童の発達や指導の目標から妥当であるか、児童が解決できるかなどをみとりながら、教師は生かし方を考えていくことが大切になる。

### 3 「児童が出合う事象」のしくみ

ここでは、「磁石の同極同志が引き合う現象」及び「砂鉄が電流の流れた導線につく現象」について調べた結果について述べる。

#### (1) 磁石の同極同志が引き合う現象

第3学年では、「異極は引き合い、同極は退け合うこと。」を学習することになっている。ところが、図2のように同極同志が引き合ってしまう場面に出合うことがある。このような現象が起るのは、弱い磁石と強い磁石の組み合わせや、方位磁針と磁石の組み合わせなどで、二つの磁石の磁力に差のある場合にみられる。

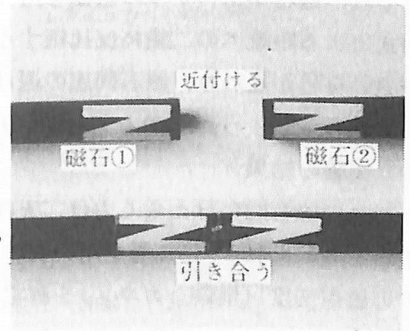


図2 近付けると同極同志が引き合ってしまう磁石？

##### 1) 原理

磁石が鉄を引き付けたり、磁石同志が引き合ったりするのは、磁気が存在するためである。磁気にも電気と同様に正負の二種があり（磁石のN極は正、S極は負）、同種の磁気は退け合い、異種の磁気は引き合う。その間に作用する磁気力 $F$ は、「磁気のクーロンの法則」によれば、 $F = kM_1M_2 / r^2 \dots\dots\dots(1)$  となっている。 $M_1$ と $M_2$ は二つの磁気量、 $r$ は磁気間の距離、 $k$ は磁気量の単位の取り方や中間の媒質により決まる定数である。

二つの磁石を向い合わせた場合、磁石間にはたらく力を $F$ 、向いあった磁極がそれぞれ持つ磁気量を $M_1$ と $M_2$ とし、磁石間の距離は $r$ にほぼ等しいものとして考えることができる。

ところが、磁石の場合、この磁気量是不変なものではなく、ほかの磁界の影響を受けて変化する。永久磁石が保管中に、まわりの磁気の影響で磁気量が増減し、磁力が弱まったり極が変わったりするのはよく経験することである。また、この良い例が、磁石作りの学習でも見られる。針を磁石でこすると、針に磁気誘導され磁気量は0から有限の大きさになり、磁石となる。この針の磁石は、外部（こする磁石）からの磁界を取り去った後も磁気が残る例であるが、材質によっては軟鉄のように、外部からの磁界を取り去ると、誘導された磁気がほとんど消失する例もある。だから、軟鉄は一般にいう磁石にはならず、磁石に付いている間だけ磁石になっている。この時、磁石になった軟鉄と磁石の間には、(1)式で示した力 $F$ が引き合う力としてはたらくしていることになる。

さて、図2のように、同材質同型の二つの磁石①と②を近付ける場合を考える。これらの磁石が本来持っている磁気量は、同種で正の $M_1$ と $M_2$ とする。磁石は、近づくにしたがい、互いに相手の磁石の磁気の影響を受け、負に磁化され、本来持つ磁気量より減少していく。二つの磁石が初めに持っている磁気量に差がある場合、互いに減少して磁気量の大きな方が0になる前に、磁気量の小さな方は0となり、さらに0を越え負の磁気量になってしまう。そのような時、磁気量が負になった磁石は、Nと記されていても、実際にはS極と同じ状態になっている。このため、二つの磁石間にはたらく力は、引き合う力となり、同極同志を向い合わせた磁石が引き合ってしまう。これが、強さの異なる磁石の同極同志

を近づけると引き合ってしまう理由である。

ところで、磁石の材質にもよるが、外部からの磁界により磁化されやすい物は、前にも述べたように磁気量が変化するため、(1)式における磁気量 $M_1$ や $M_2$ の値は変化し一定にはならない。したがって、それぞれの磁石が二つずつの磁極を持つことによる影響は別にしても、二つの磁石間にはたらく力 $F$ は、(1)式による距離 $r$ の二乗に反比例することだけでは表せない場合が起こる。極端な場合、 $M_1$ 又は $M_2$ の磁気の符号が変わり、磁石同志の退け合う力（以下、斥力と言う。）が引き合う力（以下、引力と言う。）に変わってしまう。（このように磁石の磁気量が変化する場合の磁石間にはたらく力のモデルを下に示す。）

## 2）実験の結果

二つの磁石間にはたらく力は、天秤を用いて測定した。磁石には、鋼鉄磁石（12φ×100）とアルニコ磁石（10φ×150）の二種を用いた。そして、消磁及び付磁し強さを変化させ、磁石端より8mm離れた点での磁束密度（単位：ガウス）を測定し、磁石の強さの目安とした。以下、二つの磁石間の距離と磁石

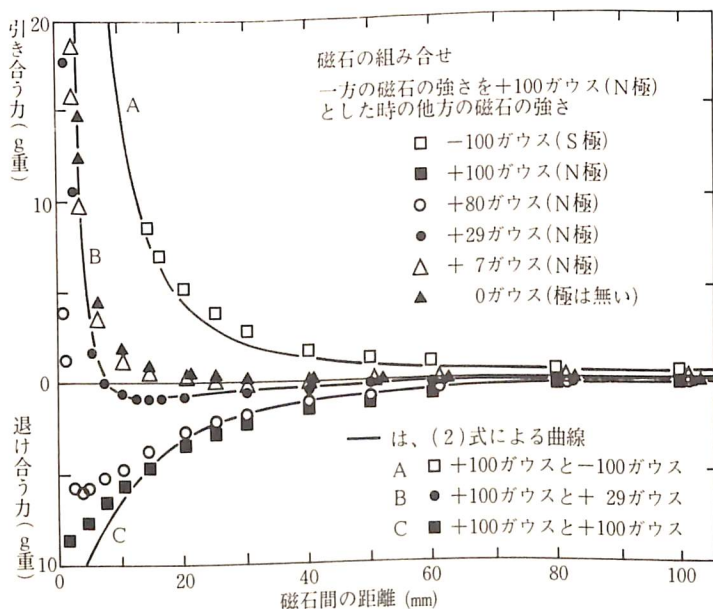


図3 二つの磁石の間にはたらく力

間にはたらく力の関係について\*<sup>1</sup>、鋼鉄磁石の例を図3で示す。

### ア 同極同志を近づけた場合

磁石の強さが異なると、互いの磁力を弱め合いながら近づき、弱い方の磁石の磁気の符号が変わると異符号同志となり、斥力から引力に変わる。

磁石の強さが等しいと、互いに磁力は弱め合うが、磁気は同符号のままのため、斥力だけのはたらく。

イ 一方が消磁した磁石の場合（図4で磁石①が磁力0の場合は、(2)式で $\beta_1 = 0$ ）

消磁した磁石①に磁石②の誘導で異符号の磁気が生じ、互

### \*<sup>1</sup>＜二つの磁石間にはたらく力についてのモデル＞

今、磁石の持つ磁気量が外部にある磁界からの磁化により変化し、磁気量の変化が外部からの磁界の強さに比例するものとする、図4で示す二極間にはたらく力 $F$ は、(2)式のように表される。

$\alpha_1, \alpha_2, \beta_1, \beta_2$  を定数とし  
 $H_1 = M_2 / r^2, H_2 = M_1 / r^2, M_1 = \alpha_1 H_1 + \beta_1, M_2 = -\alpha_2 H_2 + \beta_2$  とおけば

$$F = \frac{r^2}{(r^4 - \alpha_1 \alpha_2)^2} \{ -\alpha_1 \beta_2 + \beta_1 r^2 \} \{ -\alpha_2 \beta_1 + \beta_2 r^2 \} \dots\dots\dots (2)$$

ただし、 $H_1$ は $M_2$ の作る磁界、 $H_2$ は $M_1$ の作る磁界である。

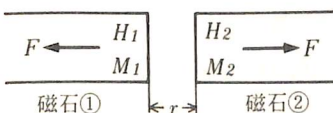


図4 右(2)式のモデルによる誘導される磁気と磁石間の力



いに磁力を強め合うとともに、引力だけがはたらく。

#### ウ 異極同志を近付けた場合

磁気は異符号のため、互いに磁力を強め合い、引力だけがはたらく。

#### エ アルニコ磁石の場合

同極同志の間にはたらく力も、異極同志の間にはたらく力も、また、一方を消磁した時も鋼鉄磁石の場合と同じ傾向が見られる。

#### 3) 磁気量の変化とその間にはたらく力

図5に示すように、同極同志が近付くと弱い磁石の磁気量は減少し、強い磁石の磁気量は一旦減少するがその後増加する。そして、磁石間にはたらく力も変化する。

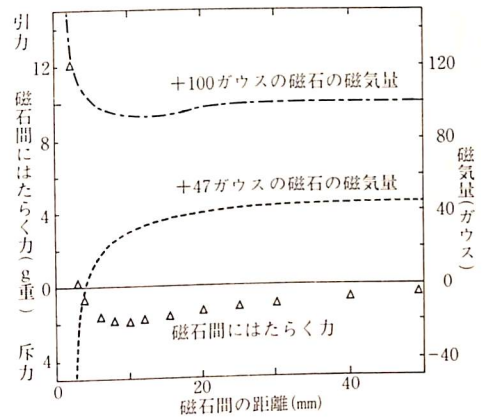


図5 磁石の磁気量の変化と磁石間にはたらく力の変化（曲線は、(2)式のモデルによる）

#### (2) 砂鉄が電流の流れた導線につく現象

第6学年では、「電流の流れている巻き線は、鉄心を磁化するはたらきがあること。」を学習する。ところが、展開の方法によっては、図6のように導線に砂鉄が付くことで磁力の存在を指導する。しかし、この現象は、児童にとって“導線が磁石になった。”としか映らない。

##### 1) 原理

導線に砂鉄が付くのは、電流によって導線のまわりに磁界が生じるためである。しかし、導線が磁石になって砂鉄を付けているのではない。導線に砂鉄が付くのは、導線を流れた電流がつくる磁界と砂鉄の持つ磁気の相互作用によって起る現象である。

砂鉄の近くにある導線に電流が流れると、図7にみられるような導線を中心とする同心円状の磁力線を持った磁界が生じる。この時にできる磁力線の向きは、普通のネジの動き（右にまわすと、前へ進む）に例えられ、電流の向きに進むネジのまわる向きになっている。この磁力線によって砂鉄は磁化され、正負の磁気が生じ、砂鉄は図7のような $F_N$ と $F_S$ の力をうける。つまり、電流による磁力線の接線方向に、二つの力 $F_N$ と $F_S$ がはたらく、その合力 $F$ は砂鉄を導線の方へ引き寄せる。そして、この合力は、導線に近



図6 導線を取り囲んで付いた砂鉄

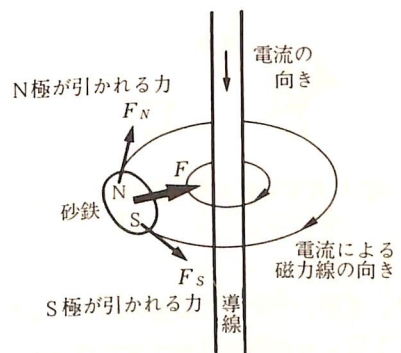


図7 電流により生じる導線のまわりの磁力線と砂鉄が受ける力の方

\*<sup>2</sup> アルニコ。鋼鉄磁石に較べて保磁力は高いが、保磁鉄片を付けたり磁石同志を付けて磁気回路を閉じて保管しないと磁力が弱まることもある。  
いて。十分な強さの磁界の中では、消磁及び付磁が可能である。したがって、磁力が弱まった場合は付磁すると良い。（実験に用いた自作付磁器では、付磁状態で空心ソレノイド軸上コイル端8mmでの磁束密度660 Gaussの磁界を持つ。）

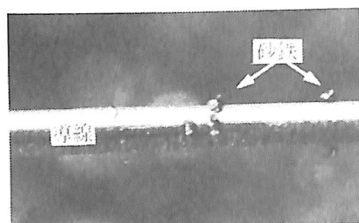


図8 導線に付いた砂鉄

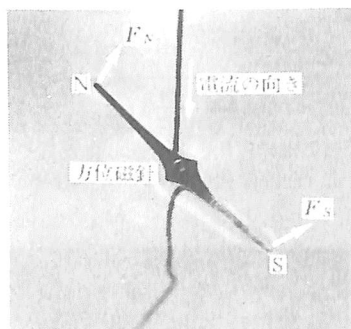


図9 導線に引き寄せられた方位磁針(砂鉄が導線に付くモデル)

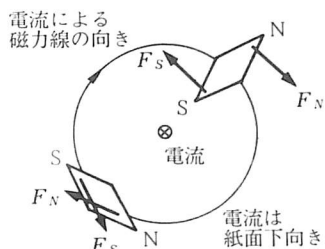


図10 方位磁針を置く方向による力のはたらきの違い

付くほど大きくなっている。

## 2) 一粒の砂鉄が導線に付く現象に対応するモデル実験の結果

1)の原理によれば、一粒の砂鉄でも導線に引き寄せられることになる。事実、図8のように一粒の砂鉄が引き寄せられ導線に付く。図6のような砂鉄の付き方については、磁力を持った砂鉄が付き合い取り囲み、導線にかかって落ちないという解釈もできるが、これでは、一粒の砂鉄が導線に付いたり、取り囲まずに付いたりする図8のような現象には対応できない。しかし、磁力を持った砂鉄を、磁力を持った方位磁針に置き換えることにより、図8に対応できるモデルを考えることができる。

このモデルは、方位磁針を水に浮かべ、鉛直方向に電流が流れるように導線を置いただけのものである。図9は、このモデルによって、電流の流れた導線と方位磁針の中央部分が接するように引き寄せられ付いたところを示している。

この方位磁針の導線への付き方を見ると、磁石の磁極と方位磁針との付き方とは違うことがわかる。この付き方の比較により、電流の流れている導線には磁界はあるが、磁石の磁界とは違うことがわかり、導線が磁石でないことの説明に役立てられると考える。また、第4学年での方位磁針による電流の検出の学習との関連で、砂鉄がつく現象を理解させるのにも役立つと考える。

また、方位磁針は、水に浮かべて置く位置や方向によって動き方が変わってくる。つまり、図10に示すような位置関係に方位磁針を置くと、導線から遠ざかったり回転したりする。しかし、やがて図6の砂鉄と同じ位置関係になった時、方位磁針は導線に引き寄せられてくる。

## 4 おわりに

「児童の出会う事象」は、ともすると、教師が予期していなかったり、予期していても事態の解明に重要なことではないと軽視されたりしがちである。しかし、児童にとっては、それがあがままの自然として映り、疑問や不思議さを抱きこたわってくる。とりわけ、磁気に関する事象では、その傾向が強い。

本研究では、児童の学習で生ずるこだわりを生かすことが認識の深まりにつながると考え、「児童の出会う事象」の具体相とその要因及びいくつかの事象のしくみの解明を試みてきた。

しかし、現時点では机上プランの域を出ず、今後は、実践を通して具体的にその生かし方を検討していきたいと考える。